

国家示范性高职院校建设规划教材

数控加工工艺

罗永新 / 编



湖南科学技术出版社

国家示范性高职院校建设规划教材

数控加工工艺

罗永新 / 编



 湖南科学技术出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

数控加工工艺 / 罗永新编. -- 长沙 : 湖南科学技术出版社, 2010.1

ISBN 978-7-5357-6076-0

I. ①数… II. ①罗… III. ①数控机床—加工工艺—高等学校: 技术学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 017223 号

数控加工工艺

编· 罗永新

责任编辑 赵 龙

出版发行 湖南科学技术出版社

社 址· 长沙市湘雅路 276 号

<http://www.hnstp.com>

邮购联系· 本社直销科 0731 - 84375808

印 刷 长沙瑞和印务有限公司

(印装质量问题请直接与本厂联系)

厂 址· 长沙市井湾路 4 号

邮 编· 410004

出版日期: 2010 年 11 月第 1 版第 1 次

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 20

字 数 480000

书 号 ISBN 978-7-5357-6076-0

定 价· 36.00 元

(版权所有 翻印必究)

前 言

数控加工工艺是基于数控机床发展应用的机械制造工艺,是数控机床编程与操作的基础,编制好数控加工工艺是充分发挥数控机床效能的前提。数控加工工艺在融合了普通机械加工工艺的基础上,突出了应用数控机床加工实践的研究,是机械制造中一门新的课程。随着数控加工的日益普及,数控加工工艺越来越成为数控技术发展中亟待解决的关键问题,在数控技术专业中,数控加工工艺已逐步成为一门实用性强的专业课程。

在国家示范性专业建设中,我们经过较长时间的探索,积极稳妥地推行以工作过程导向为目标的课程建设,改革教学方法,合理地融合传统工艺实践和工艺学知识,构建新的数控加工工艺课程标准,编写了本教材。经过实验,我们在教学中发现,数控加工工艺还不能独立于传统工艺理论,将普通机械加工工艺理论知识融入数控加工工艺中,是保证学生在有限的学习课时内比较全面地认识机械加工工艺的有效方法;任务驱动和知识教授有机地结合起来,才能较好地实现较高的教学目标。我相信,教材质量还是要通过合理地构建知识体系来保证的,任何一本没有知识构架的教材,再多么强调“驱动”,是经不起时间的检验的。

本书注重了基本机械加工工艺理论及其数控加工应用,从实例出发,应用机械加工工艺理论解决数控加工实际问题。机械加工工艺路线,加工刀具与工装夹具,工艺参数及操作方法三个方面是本书的重点,并注意引导读者应用工艺基本理论解决工艺问题。全书共七章,第1章介绍切削加工的基本知识;第2章讲授在数控机床上常用的夹具及加工定位知识;第3章旨在引导读者学习数控加工工艺规程的编制方法和应注意的问题;第4章从数控车床的应用角度出发,以工作任务作为驱动,介绍数控车削加工工艺;第5章从数控铣床的应用角度出发,以工作任务作为驱动,介绍数控铣削加工工艺;第6章从数控加工中心机床的应用角度出发,以工作任务作为驱动,介绍数控加工中心加工工艺;第7章介绍机械装配基础知识。

在本书的编写过程中,得到了湖南工业职业技术学院数控教研全体教师的支持,数控加工工艺课程组和工程机械生产工艺计划与实施课程组的同事们积极参与了本书的编写,并试用教材稿,在此一并感谢。由于编者水平有限,书中难免存在不足和疏漏,敬请读者批评指正。

编者

2009年7月

目 录

第1章 数控加工的切削基础	(1)
1.1 数控加工工艺系统与加工的基本过程	(1)
1.2 切削运动、切削用量及切削层	(2)
1.2.1 切削运动	(2)
1.2.2 切削用量	(3)
1.2.3 切削层	(4)
1.3 刀具切削部分的几何形状和角度	(6)
1.3.1 刀具切削部分的结构	(6)
1.3.2 车刀切削部分的几何角度	(7)
1.3.3 刀具的工作角度概念	(10)
1.4 数控机床的刀具系统	(14)
1.4.1 刀具种类、刀具材料及其选用	(14)
1.4.2 可转位刀片	(17)
1.4.3 数控车削刀具	(23)
1.4.4 数控镗铣类刀具	(28)
1.4.5 刀具预调	(40)
1.5 金属切削过程的主要现象及应用	(40)
1.5.1 切削变形与切屑的种类	(40)
1.5.2 残留面积、积屑瘤与鳞刺	(41)
1.5.3 切削力及其关系	(43)
1.5.4 切削热及其对切削的影响	(44)
1.5.5 刀具失效和耐用度	(45)
1.5.6 金属材料的切削加工性	(47)
1.5.7 切削液的合理选择	(48)
1.6 刀具几何参数的合理选择	(50)
1.6.1 前角及前面形状的选择	(50)
1.6.2 后角及后面形状的选择	(51)
1.6.3 主偏角及副偏角的选择	(52)
1.6.4 刃倾角的功用及其选择	(52)
1.6.5 刀尖型式的选择(过渡刃的选择)	(54)
1.7 切削用量的选择	(54)
1.7.1 车削用量的选择	(55)
1.7.2 铣削用量的选择	(58)
思考与练习题	(61)

第2章 数控加工机床夹具与工件的安装	(63)
2.1 机床夹具概述	(63)
2.1.1 机床夹具的分类	(63)
2.1.2 机床夹具的组成	(64)
2.1.3 机床夹具的作用	(65)
2.2 工件的安装	(65)
2.2.1 六点定位原则	(66)
2.2.2 定位与夹紧的关系	(68)
2.3 定位基准的选择原则	(70)
2.3.1 粗基准的选择原则	(70)
2.3.2 精基准的选择原则	(72)
2.3.3 辅助基准的选择	(72)
2.4 常见定位方式及定位元件	(73)
2.4.1 工件常见的定位方式	(73)
2.4.2 工件以平面定位及其定位元件	(76)
2.4.3 工件以孔定位及其定位元件	(80)
2.4.4 工件以外圆柱表面定位及其定位元件	(81)
2.4.5 工件以一面两孔定位及其定位元件	(85)
2.5 定位误差分析	(87)
2.5.1 零件加工误差的组成	(87)
2.5.2 定位误差的计算	(88)
2.5.3 定位误差分析的应用	(91)
2.6 工件的夹紧	(95)
2.6.1 夹紧力的确定	(95)
2.6.2 常用的夹紧机构	(98)
2.7 车床夹具	(104)
2.7.1 三爪卡盘与四爪卡盘	(104)
2.7.2 角铁与花盘	(106)
2.7.3 顶尖与中心架和跟刀架	(107)
2.8 铣床夹具	(109)
2.8.1 机用虎钳、分度头和压板	(109)
2.8.2 铣床专用夹具	(112)
2.9 机床夹具设计概要	(115)
2.9.1 机床夹具设计的基本要求与基本步骤	(115)
2.9.2 夹具设计举例	(116)
思考与练习题	(121)
第3章 数控加工工艺规程与数控加工质量控制	(125)
3.1 基本概念	(125)
3.1.1 生产过程和工艺过程	(125)
3.1.2 工序	(126)

3.1.3 生产纲领和生产类型	(128)
3.2 数控加工工艺性分析	(130)
3.2.1 适合数控加工的零件	(130)
3.2.2 数控加工零件的工艺性分析	(130)
3.2.3 数控加工工艺的特点	(133)
3.3 数控加工工艺路线设计	(135)
3.3.1 加工方法的选择	(135)
3.3.2 加工阶段的划分	(138)
3.3.3 工序的划分	(138)
3.3.4 加工顺序的安排	(139)
3.3.5 数控加工工艺路线的工艺文件	(141)
3.4 数控加工工序设计	(143)
3.4.1 工序的基本内容	(143)
3.4.2 毛坯的制造与选择	(143)
3.4.3 工件原点和走刀路线的确定	(146)
3.4.4 数控加工程序中的对刀点与换刀点	(148)
3.4.5 同一表面的加工工序尺寸与加工余量的确定	(148)
3.4.6 工艺尺寸链的应用	(153)
3.4.7 数控加工设备与装备的选择	(159)
3.4.8 数控加工工艺文件的填写	(160)
3.5 机械加工精度及表面质量	(162)
3.5.1 加工精度和表面质量的基本概念	(162)
3.5.2 影响加工精度的主要因素	(163)
3.5.3 提高加工精度的基本措施	(182)
3.5.4 表面质量及其影响因素	(185)
附:标准公差表	(187)
思考与练习题	(188)
第4章 数控车削加工工艺	(194)
4.1 数控车床上独立完成加工任务	(194)
4.1.1 加工任务及其分析	(194)
4.1.2 加工工艺过程	(194)
4.1.3 完成加工工艺的重点知识	(200)
4.1.4 完成加工任务的实操要领	(206)
4.2 活塞零件的加工	(210)
4.2.1 活塞零件的加工任务分析	(210)
4.2.2 活塞加工工艺设计	(212)
4.2.3 活塞加工主要工序分析	(219)
4.2.4 活塞的检验	(220)
4.3 细长轴的加工	(223)
4.3.1 丝杆加工任务分析	(223)

4.3.2 丝杆的加工工艺设计	(224)
4.3.3 细长轴的加工特点	(228)
附:安全文明生产	(231)
思考与练习题	(232)
第5章 数控铣削加工工艺	(235)
5.1 典型的数控铣削加工工艺	(235)
5.1.1 数控铣削加工任务	(235)
5.1.2 任务实施	(236)
5.2 数控铣削加工工艺要点	(238)
5.2.1 铣削加工工艺范围	(238)
5.2.2 型腔数控铣削的下刀方式	(241)
5.2.3 轮廓铣削	(246)
5.2.4 平面铣削	(249)
5.3 孔的加工	(251)
5.4 孔系与孔系加工	(257)
5.5 箱体零件的数控加工	(268)
5.5.1 加工任务及其分析	(268)
5.5.2 加工工艺过程	(268)
思考与练习题	(275)
第6章 数控加工中心加工工艺	(277)
6.1 典型零件的加工工艺	(277)
6.1.1 数控加工中心铣削加工任务	(277)
6.1.2 工艺分析与工艺规划	(279)
6.1.3 加工程序与机床操作	(282)
6.2 加工中心加工工艺特点	(283)
6.2.1 数控加工中心工艺概述	(283)
6.2.2 数控加工中心加工工艺的制订	(286)
6.2.3 刀库与装刀	(289)
6.2.4 组合夹具	(290)
6.3 箱体零件的加工工艺分析	(292)
思考与练习题	(297)
第7章 机械装配工艺	(298)
7.1 机械装配工艺概述	(298)
7.2 装配工艺尺寸链	(299)
7.2.1 概述	(299)
7.2.2 互换法	(300)
7.2.2 其他装配方法	(304)
7.3 机械装配工艺规程设计	(305)
思考与练习题	(307)
参考文献	(309)

第1章 数控加工的切削基础

1.1 数控加工工艺系统与加工的基本过程

1. 数控加工工艺系统的组成

机械加工中，由机床、夹具、刀具和工件等组成的统一体，称为工艺系统。数控加工工艺系统是由数控机床、夹具、刀具和工件等组成的，如图1-1所示。

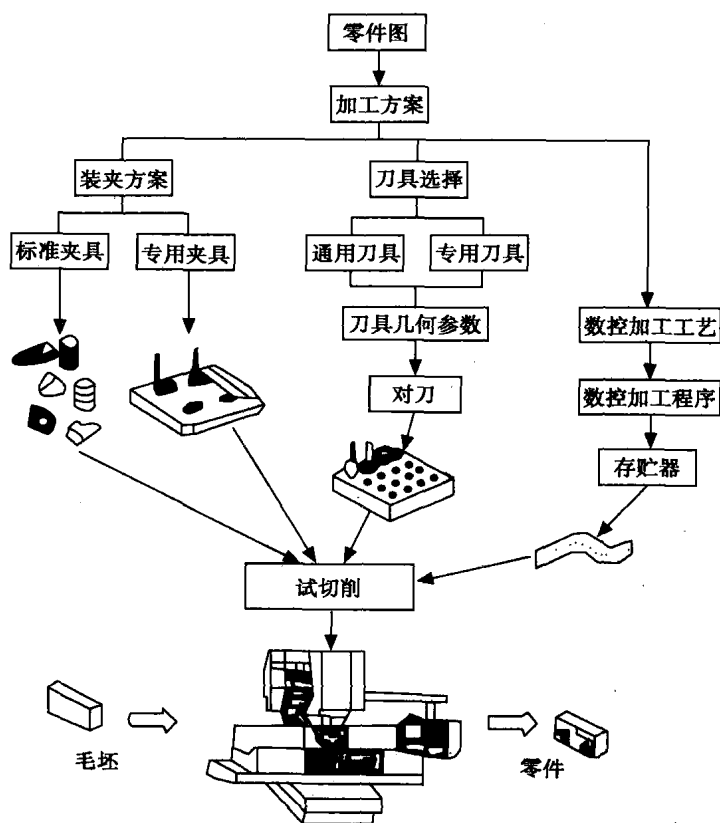


图1-1 工艺系统的组成

(1) 数控机床

应用数控技术，装备了数控系统的机床，称为数控机床。它是一种技术密集度和自动化程度都比较高的机电一体化加工装备。数控机床是实现数控加工的设备。

(2) 夹具

在机械制造中，用以装夹工件（和引导刀具）的装置统称为夹具。在机械制造过程中，夹具的使用十分广泛，从毛坯制造到产品装配以及检测的各个生产环节，有许多不同种类的夹具，夹具是实现数控加工的重要工艺装备。

(3) 刀具

金属切削刀具是用来从工件上切除加工余量（并使余量变成切屑）的工具。无论是普通

机床还是数控机床都必须依靠刀具才能完成切削工作。数控加工刀具与普通机床加工的刀具相比更具有先进性，是实现数控加工的又一重要工艺装备。

(4) 工件

工件是数控加工的对象。通常，工件加工完成后，就是我们所说的零件。零件的加工精度，与数控机床的几何精度、夹具的精度、刀具的精度、工件的精度以及切削过程有关，工艺系统就是一个如何保证由工件（坯料）变成零件的辩证统一体。

2. 数控机床加工工件的基本过程

从图 1-2 可以看出数控机床加工工件的基本过程即从零件图到加工好零件的整个过程。

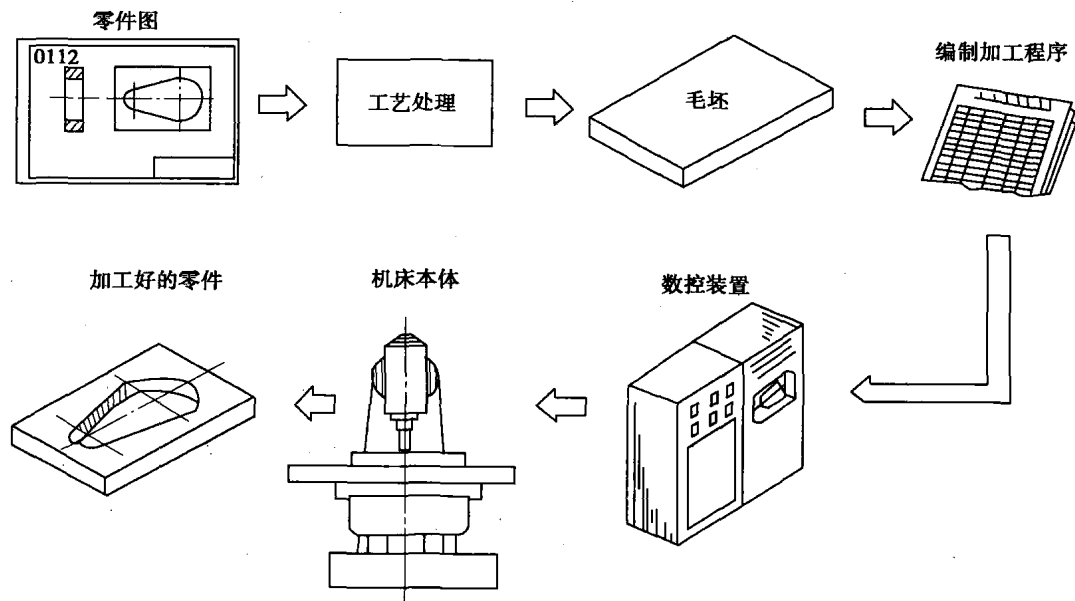


图 1-2 数控机床加工工件的基本过程

首先读零件图，了解零件的形状和精度要求，以及机械性能等其他技术要求，对零件图进行工艺分析，制订加工方案；然后制造或选择一个合适的毛坯，通过使用恰当的夹具和方法，把毛坯安装到数控机床上；根据加工方案和工艺系统的实际情况，编制好加工程序，并把它录入到数控系统中；最后使用数控机床加工出符合零件图样要求的零件。

1.2 切削运动、切削用量及切削层

1.2.1 切削运动

使用金属切削刀具从工件上切除多余（或预留）金属（使之成为切屑）从而获得形状、尺寸精度、位置精度及表面质量都合乎技术要求的零件的一种加工方法，称为金属切削加工。在切削加工中刀具与工件的相对运动，称为切削运动。图 1-3 所示为几种常见加工方法的切削运动。切削运动按其功用分为主运动和进给运动。

1. 主运动

在切削成形过程中起主动作用，提供主要切削力的运动就是主运动。如车床的主轴旋转运动、铣床铣削时铣刀的旋转运动、刨床刨削时滑枕的往复运动。在机床的所有运动中，它具有运动速度最高，消耗功率最大的特点。主运动的速度，称为切削速度，通常用来表示。

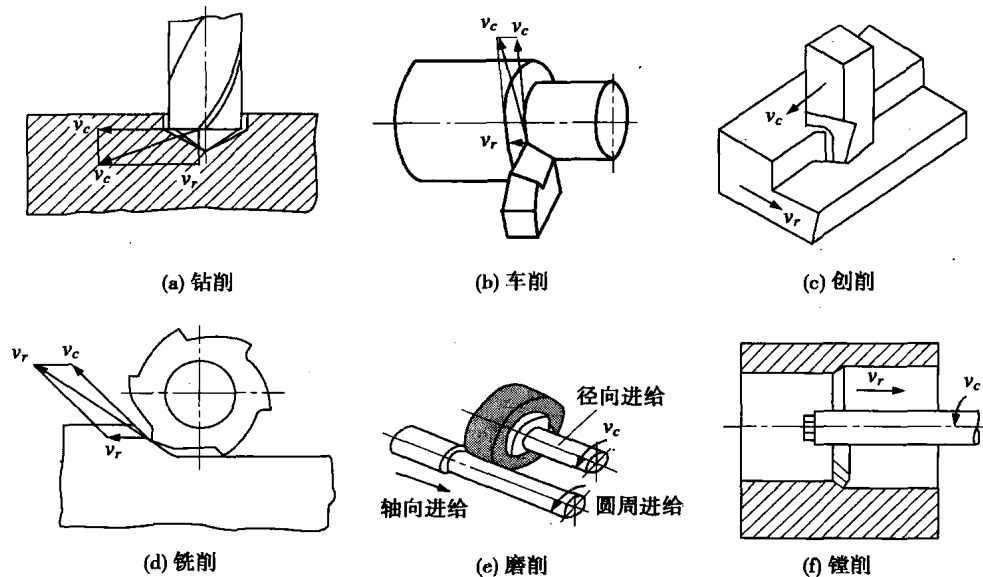


图 1-3 几种常见加工方法的切削运动

在切削中必须有一个主运动，且只能有一个主运动。

2. 进给运动

在切削成形过程中使工件或刀具不断地投入切削过程的运动。进给运动可以是连续的，如车削外圆时车刀平行于工件轴线的纵向运动；也可以是间歇的，如刨削时工件或刀具的横向移动。进给运动的速度，称为进给速度，通常用来表示。在切削中可以有一个或多个进给运动。

3. 合成切削运动

主运动和进给运动合成的运动，称为合成切削运动。刀具切削刃上选定点相对工件的瞬时合成运动方向称为该点的合成切削运动方向，其速度称为合成切削速度用来记录。图 1-4 表示车削过程中切削运动的关系。

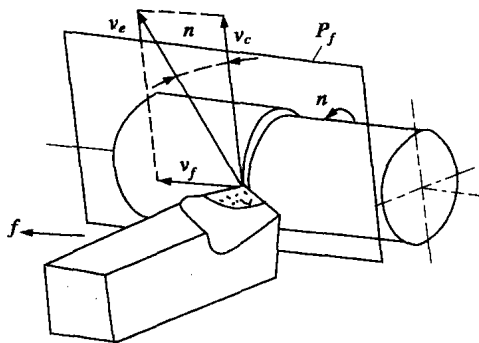


图 1-4 车削三运动的关系

v_c —主运动速度， v_f —进给运动速度， f —进给量， v_c —合成切削速度，
 n —主运动转速， η — v_c 与 v_c 的夹角， p_f —进给剖面

1.2.2 切削用量

切削用量是指切削速度 v_c 、进给量 f （或进给速度 v_f ）、背吃刀量 a_p 三者的总称，也称

为切削用量三要素，铣削过程中把铣削宽度也看成是一个切削用量。它是调整刀具与工件间相对运动速度和相对位置所需的重要工艺参数。如图 1-5 所示。

1. 切削速度 v_c

切削刃上选定点相对于工件的主运动的瞬时速度，叫切削速度。显然，在同一切削加工过程中，刀具切削刃上不同位置的切削速度是不同的，通常取最大值作为切削速度，以评估机床所应有的功率。例如，车削时以待加工表面直径的数值进行计算切削速度，因为该点切削速度最高，刀具磨损最快。

对于旋转的主运动，切削速度的计算公式：

$$v_c = \frac{\pi d_w n}{1000}$$

式中： v_c ——切削速度，m/s；

d_w ——刀具或工件选定点的旋转直径；

n ——刀具或工件的转速。

通常，对于主运动是旋转运动的机床来说，在选择切削速度时，用机床主轴的转速来表示，如确定主轴每分钟多少转。

2. 进给量 f

进给量 f 是指工件或刀具每转一周，刀具与工件在进给运动方向上的相对位移量。进给速度 v_f 是指切削刃上选定点相对工件进给运动的瞬时速度。

$$v_f = fn$$

式中： v_f ——进给速度，mm/min；

n ——主轴的转速，r/min；

f ——进给量，mm/r。

对于多齿刀具，有时还用每齿进给量来表示加工的进给速度。

3. 背吃刀量 a_p

通过切削刃基点并垂直于工作平面的方向上测量的吃刀量。根据此定义，如在纵向车外圆时，其背吃刀量可按下式计算：

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

式中： d_w ——工件待加工表面直径，mm；

d_m ——工件已加工表面直径，mm。

对于铣削加工来说，就是平行于铣床刀轴线方向测量的切削层尺寸。

4. 铣削宽度

就是铣削加工所特有的，铣削宽度是指垂直于铣刀轴线并垂直于进给方向度量的切削层尺寸， a_c 用来表示。

1.2.3 切削层

切削层是指切削部分的一个单一动作所切除的工件材料层，是指正在切削着的这一层金属，它的形状和尺寸规定在刀具的基面中度量。车削过程中的切削层如图 1-6 所示，切削层的形状和尺寸，直接决定了车刀承受的载荷，以及切屑的形状和尺寸。

1. 切削层公称横截面积 A_D 是在给定的瞬间，切削层在切削平面里的实际横截面积。如图 1-6 所示 ABCD 所包围的面积。

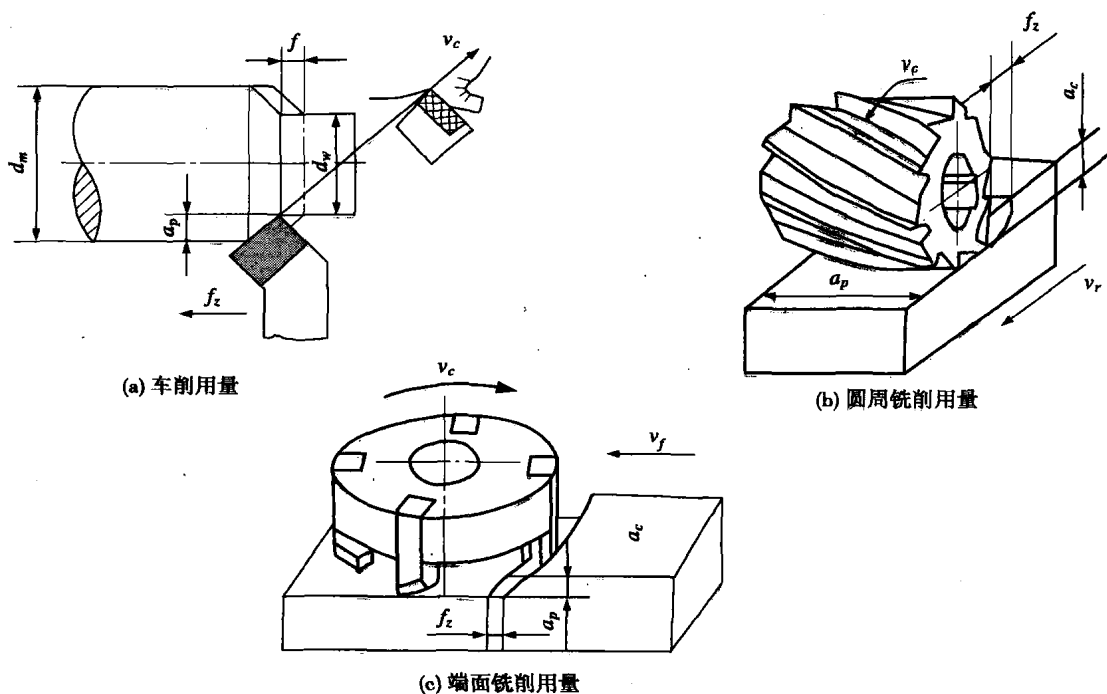


图 1-5 切削用量

d_w —工件待加工表面直径, d_m —工件已加工表面直径, a_p —背吃刀量,
 v_c —切削速度, v_f —进给速度, f —进给量, f_z —每齿进给量, a_c —铣削宽度

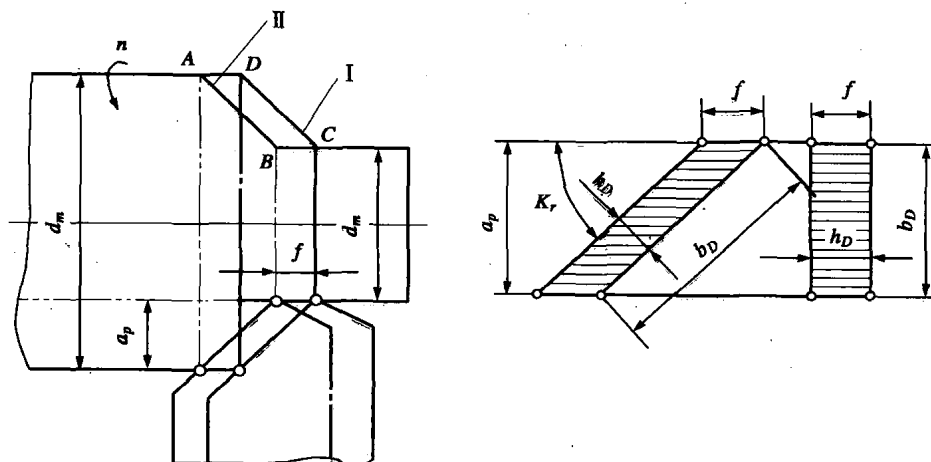


图 1-6 车削外圆时的切削层参数

(a) 车削层在工件上的位置 (b) 切削层的参数

2. 切削层公称宽度 b_D 是在切削层尺寸平面中测量的, 在给定瞬间, 作用于主切削刃截形上两个极点间的距离。它大致反映了主切削刃参加切削工作的长度。

3. 切削层公称厚度 h_D 是在同一瞬间的切削层横截面积与其公称切削层宽度之比。

由图 1-6 可知, 切削层公称厚度与切削层公称宽度随主偏角的变化而变化, 当 $K_r = 90^\circ$ 时, $h_D = f$, $b_D = a_p$ 。切削层公称横截面积只由切削用量 f 和 a_p 决定, 不受主偏角变化的影响, 但切削层横截面形状与主偏角、刀尖圆弧半径大小有关。

4. 切削过程中的工件表面

如图 1-7 所示, 待加工表面是指工件上即将被切除的表面; 已加工表面是指已被切去多余金属而形成符合加工要求的工件新表面; 过渡表面是指加工时由切削刃在工件上正对着的那部分表面, 是在切削过程中不断地变化着的表面。

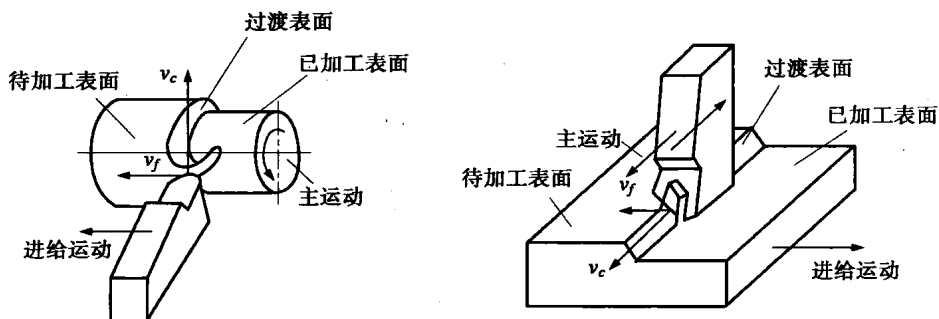


图 1-7 切削过程中工件上的表面

1.3 刀具切削部分的几何形状和角度

1.3.1 刀具切削部分的结构

刀具的工作部分就是产生和处理切屑的部分, 包括刀刃、使切屑断碎或卷拢的结构、排屑或容储切屑的空间、切削液的通道等结构要素。有的刀具的工作部分就是切削部分, 如车刀、刨刀、镗刀和铣刀等。有的刀具的工作部分则包含切削部分和校准部分, 如钻头、扩孔钻、铰刀、内表面拉刀和丝锥等。切削部分的作用是用刀刃切除切屑。校准部分的作用是修光已切削的加工表面和引导刀具。

刀具工作部分的结构有整体式、焊接式和机械夹固式 3 种 (只有镶片圆锯采用铆接结构)。整体结构是在刀体上做出切削刃, 焊接结构是把刀片钎焊到刀体上。机械夹固结构又有两种: 一种是把刀片夹固在刀体上; 另一种是把钎焊好的刀头夹固在刀体上。硬质合金刀具一般制成焊接结构或机械夹固结构, 只有小尺寸的用整体硬质合金制成 (如钻头、丝锥和小模数齿轮滚刀等)。陶瓷刀具都采用机械夹固结构。聚晶金刚石和立方氮化硼刀具则既可采用机械夹固结构, 也可采用焊接结构。

1. 刀具切削部分的组成

车刀切削部分: 三面两刃一尖, 如图 1-8 所示。

- (1) 前面: 前面是刀具上切屑流过的表面, 又称前刀面。
- (2) 主后面: 主后面是刀具上与过渡表面相对的表面。
- (3) 副后面: 副后面是刀具上与工件已加工表面相对的表面。
- (4) 主切削刃: 主切削刃是前刀面与主后刀面的交线。
- (5) 副切削刃: 副切削刃是前刀面与副后刀面的交线。
- (6) 刀尖: 刀尖指的是主切削刃与副切削刃连接处的那一小部分切削刃。

2. 麻花钻切削部分

麻花钻的切削部分有二条主刃、二条副刃及一条横刃, 如图 1-9 所示。主刃是前面 (螺旋槽面) 和主后面 (顶端两曲面) 的交线; 副刃是螺旋面与钻头外转角处螺旋圆柱刃带的交线; 横刃是在刃磨两主后面时自然形成的。横刃对称于钻心, 两边的切削速度和方向不

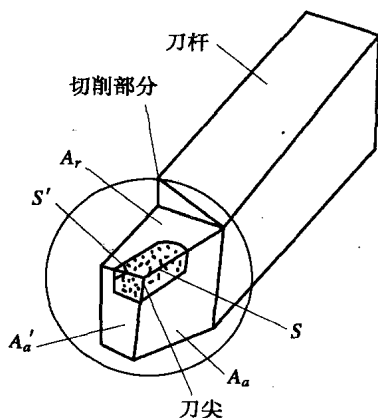
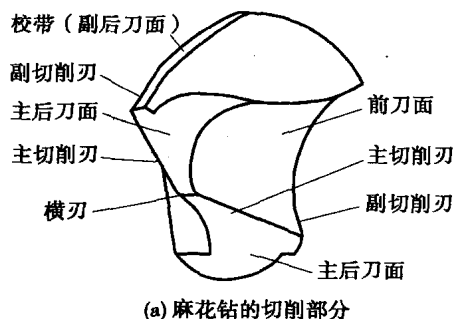
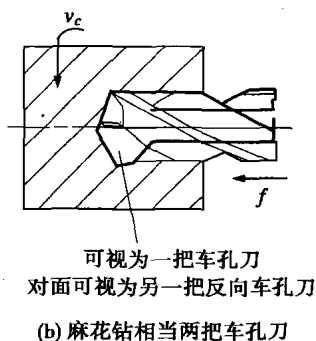


图 1-8 车刀的切削部分

同，故实际上是两段切削刃。



(a) 麻花钻的切削部分



(b) 麻花钻相当两把车孔刀

图 1-9 麻花钻的切削部分的结构

麻花钻的主要结构参数是指决定钻头几何形状及切削性能的独立参数，它包括以下几项：

- (1) 外径 d_0 ：钻头的外径即刃带的外圆直径，它按标准尺寸系列设计。
- (2) 钻芯直径 d_c ：它决定钻头的强度及刚度并影响容屑空间的大小。
- (3) 顶角（或钻尖角） 2ϕ ：它是两条主刃之间的夹角。它决定钻刃长度及刀刃负荷情况，顶角应根据加工材料选取。对于加工钢、铸铁等材料时，一般 $\phi = 118^\circ \pm 2^\circ$ 。
- (4) 螺旋角 β ：它是圆柱螺旋形刃带与钻头轴线的夹角。它直接影响钻头前角的大小、刀刃强度及钻头的排屑性能。它应根据工件材料及钻头直径的大小来选取。对于加工钢、锯等材料，钻头直径 $d_0 > 10\text{mm}$ 以上时， $\beta = 25^\circ \sim 33^\circ$ 。

3. 圆柱铣刀的切削部分

圆柱铣刀的切削刃在铣刀的圆柱面上，如图 1-11 所示。螺旋槽是个容屑的空间，由刀具刀齿的前面和后面围成；切削刃是一条右螺旋线，为了便于铣刀刃的刃磨，切削刃螺旋线做成一定的厚度，形成主后刀面。显然，铣刀切削时是不能反转的。

4. 端（面）铣刀的切削部分

端铣刀的切削刃在铣刀的端面上，如图 1-12 所示。每个端铣刀的刀齿，就像一把竖立的车刀。

1.3.2 车刀切削部分的几何角度

1. 正交平面参考系

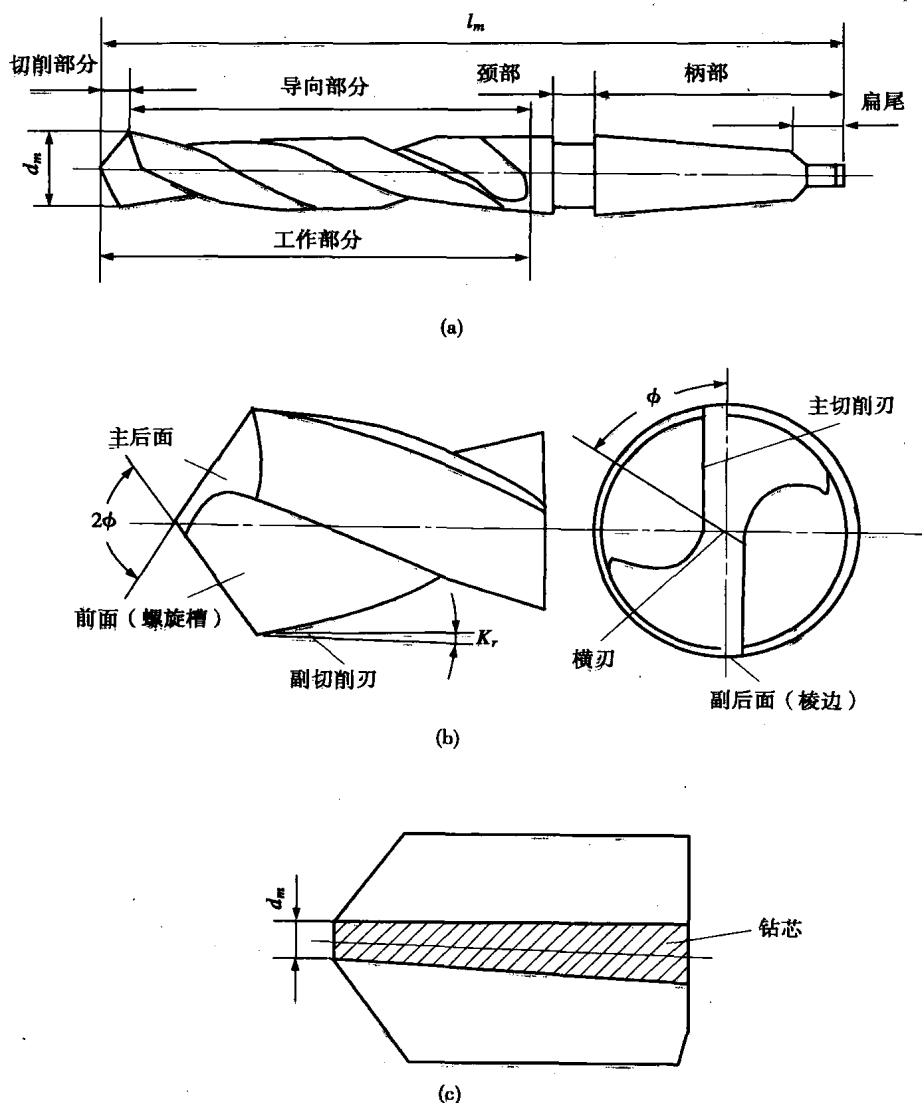


图 1-10 麻花钻的结构

刀具几何角度是确定刀面和切削刃相对空间位置的重要参数，直接影响刀具的切削性能。为了能正确表示刀具的几何角度，首先必须选择参考系。参考系是设计计算、绘制标注、刃磨测量刀具几何角度的基础。最基本的参考系是正交平面参考系，这是一个刀具静止参考系（标准参考系），即在不考虑进给运动，并在假定的安装条件下（即前刀面朝上，刀杆底面水平与基面重合）的参考系。

(1) 基面 p_r

基面是通过主切削刃上某一选定点，垂直于该点切削速度方向（由于进给运动为零，切削速度即为主运动速度）的平面。如图 1-13 所示，由于进给运动为零，车刀的基面平行于刀具底平面。

(2) 切削平面 p_s

切削平面是通过主切削刃上某一选定点，与主切削刃相切且垂直于基面的平面。即包含

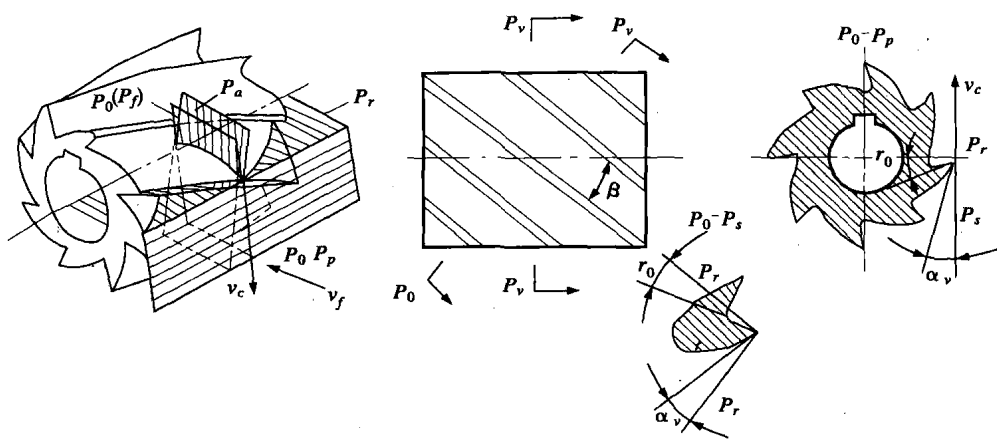


图 1-11 圆柱铣刀
(a) 圆柱铣刀的轴侧图 (b) 圆柱铣刀的投影图

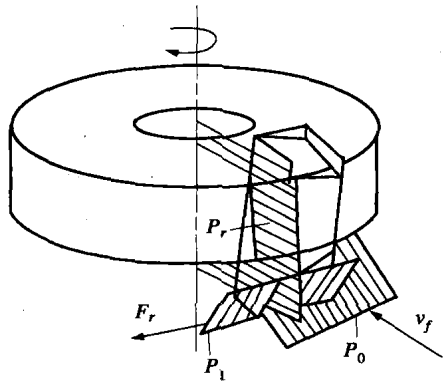


图 1-12 端面铣刀

切削速度方向并与切削刃相切的平面，如图 1-13 所示。

(3) 正交平面 p_0

它是通过切削刃上的选定点并同时垂直于基面和切削平面的平面。因此，它必须垂直于切削刃在基面上的投影。车刀的正交平面如图 1-14 所示，图中 AB 为车刀的主切削刃， $A'B'$ 为主切削刃在基面上的投影。

由基面 p_r 、切削平面 p_s 和正交平面 p_0 组成的参考系，叫正交平面参考系，也称主剖面参考系，如图 1-15 所示。

对于副切削刃，也可同样建立起类似的正交平面参考系。

2. 正交平面参考系内的刀具角度标注

(1) 在正交平面内度量的角度

①前角 γ_0 ：在主切削刃上选定点的正交平面 p_0 内，前面与基面间的夹角。正负规定如图 1-16 所示，按假定安装，在前刀面上，刀尖处于最高点，前角为正，否则，前角为负。

②后角 β_0 ：在同一正交平面内，后面与切削平面间的夹角。正负规定如图 1-16 所示，后角一般只能为正角。

③楔角 β_0 ：前刀面与后刀面之间的夹角。

三者间的关系为： $\beta_0 = 90^\circ - (\gamma_0 + \alpha_0)$ 。